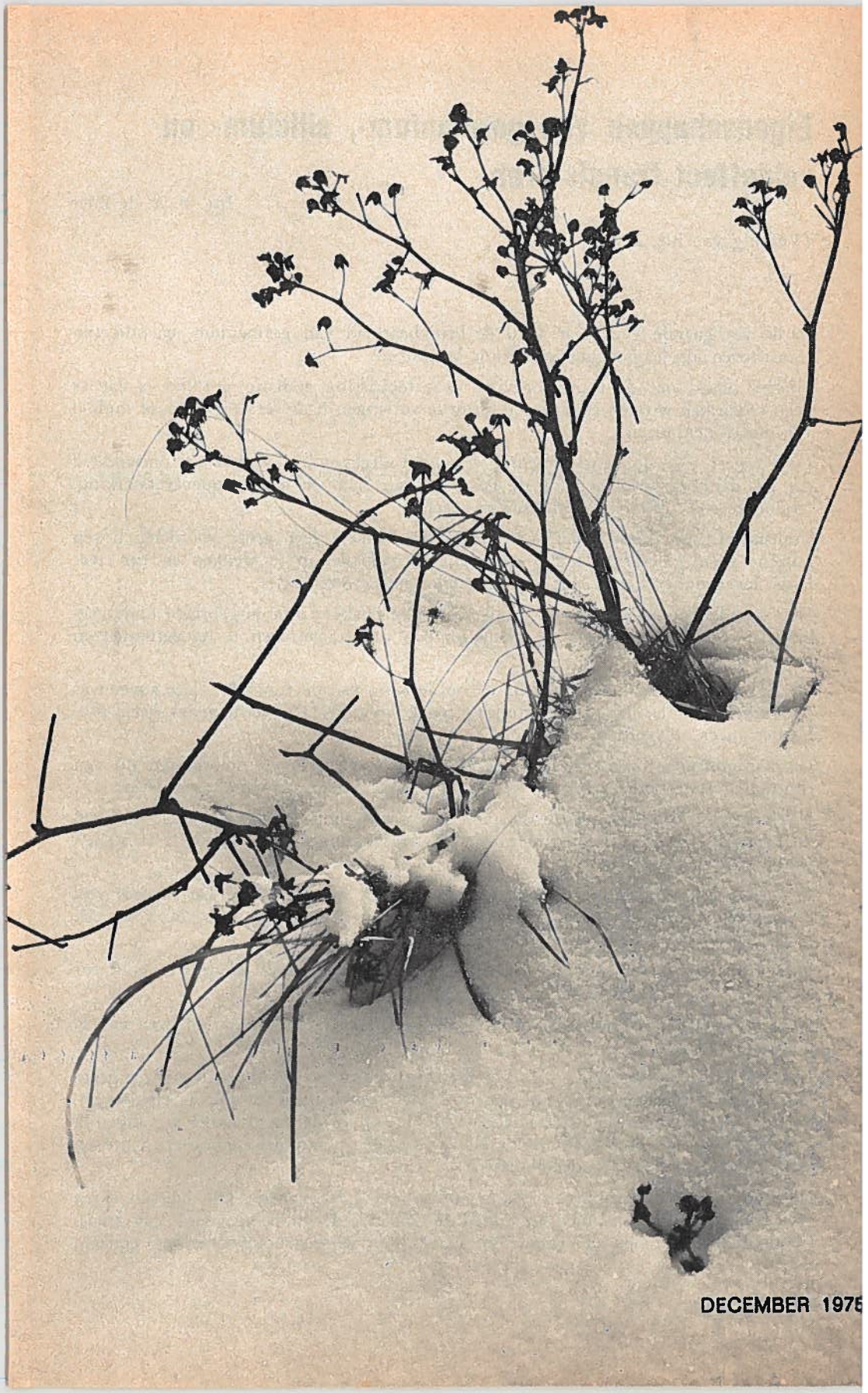

DECEMBER 1975

Eigenschappen van germanium-, silicium- en veldeffect-transistoren

Ing. P. A. de Boer

(Vervolg van blz. 267)

In de voorgaande gedeelten werd de bruikbaarheid van germanium- en siliciumtransistoren als laagfrequentversterker besproken.

Hierbij bleek, dat de transistor voor deze toepassing zodanig geschikt is dat er geen reden kan worden aangevoerd terug te verlangen naar versterking door middel van elektronenbuizen.

Deze waren, toen de transistor (in 1948) werd uitgevonden, reeds zover ontwikkeld dat elk denkbaar probleem op de gebieden van laag- en hoogfrequentversterking, modulatie enz. oplosbaar kon worden geacht.

Transistoren, zo bleek spoedig, hadden echter enkele zeer grote voordelen boven buizen: geen gloeidraad nodig om elektronenemissie op te wekken en een zeer lange levensduur (hoewel dit nog niet helemaal bewezen is).

Het was dan ook niet verwonderlijk dat in vele laboratoria uitgebreide onderzoekingen werden verricht om de eigenschappen van transistoren te doorgronden en te verbeteren.

Gezegd kan worden dat 15 jaar na de ontdekking van de transistor deze zover was ontwikkeld dat laagfrequentversterking (ook voor grotere vermogens) geen problemen meer opleverden.

Germaniumtransistoren waren in de aanvang nogal lastig te stabiliseren op een constante versterkingsgraad; zij waren erg gevoelig voor temperatuurvariaties.

Siliciumtransistoren bleken op dit punt een grote vooruitgang; toegerust met een doeltreffende koeling kunnen hiermede uitgangsvermogens van meerdere tientallen watts worden opgewekt.

Er is *nog* een voordeel te noemen van transistoren boven buizen. De destijds veel toegepaste 9 watt eindpentoden vereisten een anodespanning van 250 volt; een gevaarlijke waarde waar men een flinke tik van kon oplopen!

De voor transistoren benodigde waarde van 25 à 30 volt tussen emitter en collector steekt hierbij erg gunstig af.

Bezit de transistor dan eigenlijk uitsluitend gunstige eigenschappen en geen enkele minder gunstige?

Het is nu juist de strekking van deze artikelenreeks hier wat dieper op in te gaan. Dan is het eerste negatieve punt van de transistor ten opzichte van de elektronenbuis dat versterking van hogere frequenties vooral in de eerste jaren erg moeilijk ging. Dit werd veroorzaakt door de vrij grote parasitaire capaciteiten tussen emitter/basis en tussen collector/basis.

Hierdoor neemt de stroomversterking af bij hogere frequenties. Om hieraan enige waardebepaling toe te kennen heeft men de volgende definitie ingevoerd: „de grensfrequentie noemt men die frequentie waarbij de wisselstroomversterking gedaald

is tot $\frac{1}{\sqrt{2}}$ maal de versterking alpha bij een bepaalde f".

Om dit te verduidelijken: stel dat een transistor bij 10 kHz een stroomversterking heeft van 100, dan kan een grensfrequentie worden bepaald waarbij de stroomversterking daalt tot 100 : 1,41 = 70.

Met een variabele generator aan de ingang van de te onderzoeken transistor wordt de f van 10 kHz nu verhoogd tot een waarde waarbij de stroomversterking 70 bedraagt, en die waarde wordt de grensfrequentie genoemd.

Er bestaat in dit verband een eenvoudige vuistregel, die luidt:

STROOMVERSTERKING × GRENSFREQUENTIE = CONSTANT.

Verbetering van de grensfrequentie werd enigermate bereikt door verkleining van de afmetingen van de transistor als geheel.

Een nog grotere verbetering werd verkregen door het aanbrengen van kleine potentiaalverschillen binnen de basislaag welke een elektrisch veld binnen de basis ten gevolge hebben dat constant aanwezig is.

Men bereikt dit door op speciale wijze extra verontreinigingen in de basis aan te brengen (lagen-transistor).

Door deze wijzigingen in de opbouw van de transistor is het gelukt de grensfrequentie te verhogen tot 500 à 1000 kilo-hertz.

Alhoewel, na de omschreven ontwikkelingsgang van ongeveer 15 jaren, er transistoren aan de markt kwamen die ook hoge frequenties kunnen versterken bleef een tweede negatieve eigenschap aanwezig, namelijk de betrekkelijk lage ingangsimpedantie.

Wij hebben hier tot nu toe met opzet over gezwegen omdat dit euvel bij de tot nu toe besproken laagfrequenttechniek niet zo hinderlijk opviel.

Wat wordt er precies bedoeld met de „ingangsimpedantie" van een transistor?

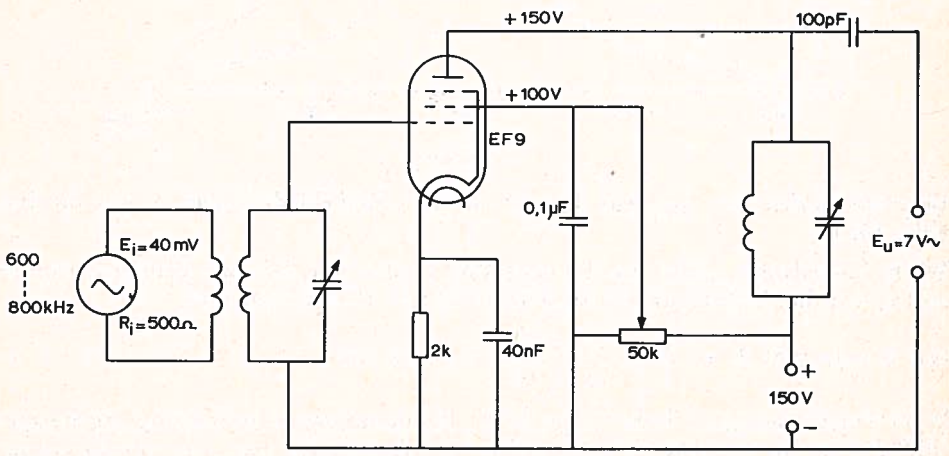


FIG. 22

HOOGFREQUENTVERSTERKER MET ELEKTRONENBUIS EF9
de kringen staan ingesteld op 700 kHz

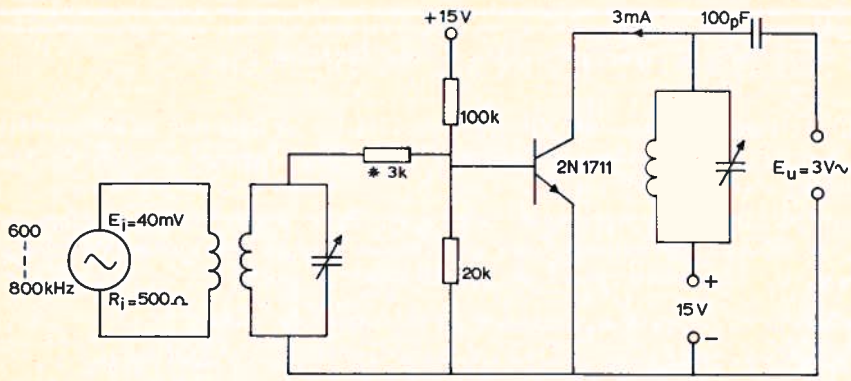


FIG. 23

HOOGFREQUENTVERSTERKER MET SILICIUM TRANSISTOR 2N 1711
de kringen staan ingesteld op 700kHz

* deze weerstand dient om genereerneigingen te onderdrukken. de versterking vermindert hierdoor enigszins.

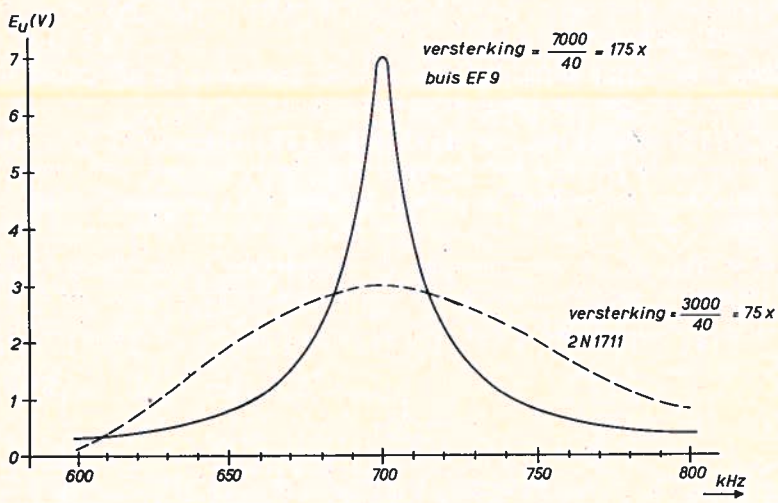


FIG. 24

Hiervoor bezien we nog eens fig. 12 uit het Studiebladnummer 5 van dit jaar (blz. 145).

Welke impedantie „ziet" nu de generator (links) die bij een spanning van 35 millivolt in het basiscircuit een stroom stuurt van 13 micro-ampére?

Dat is natuurlijk $R = \frac{E}{I} = \frac{35 \times 10^{-3}}{13 \times 10^{-6}} = 2700$ ohm.

Waar het nu om gaat is de vraag: is dit bij hoogfrequentversterking erg belangrijk? Laten wij, voor het beantwoorden van deze vraag, eens een zuivere vergelijking maken tussen a) een schakeling met twee afgestemde kringen en een h.f. pentodebuis type EF 9 en b) dezelfde schakeling, maar in plaats van de buis een transistor 2 N 1711 (figuren 22 en 23).

De schakelingen zijn eenvoudig te herkennen: de generator van 700 kHz is aangesloten op een aftakking van de afstemspoel; dit is te vergelijken met de antenne-ingang van een cascade-ontvangtoestel.

In resonantie gebracht op 700 kHz gedraagt de parallelkring (links) zich als een zeer hoge impedantie. Hoe dit precies werkt werd o.a. beschreven in het Studieblad 1973 bladzijde 198.

Wij willen hier volstaan met op te merken dat precies *in* resonantie de parallelkring een zeer hoge impedantie bezit en dat zowel voor lagere als hogere frequenties dan 700 kHz de impedantie snel afneemt. Dit betekent dat ook de zogenaamde „opslingering" over de kring geringer zal zijn en tevens de optredende spanning over de kring.

In het anodecircuit bevindt zich de tweede resonantiekring, waarvoor uiteraard dezelfde overwegingen gelden.

Voor het opnemen van de grafiek in figuur 24 werden de afstemkringen ingesteld op maximale versterking (bij 700 kHz) en vervolgens werd de generator aan de ingang van de schakeling gevarieerd van 600 tot 800 kHz.

De versterking tussen in- en uitgangsspanning bedroeg maximaal 175.

Dezelfde meting werd gedaan aan de schakeling van figuur 23; inplaats van de buis EF 9 werd hier een transistor 2N 1711 als versterkend element toegepast.

De uitkomst zien wij in figuur 24 (gestippelde lijn). De versterking bedraagt hier 75 maal.

Welke conclusie volgt nu uit figuur 24?

Allereerst valt op dat de buis een spanningsversterking levert van 175 maal en de transistor van 75 maal. Dit verschil is niet gering, maar nog veel opvallender is dat het verloop van de resonantiekromme bij de transistor zoveel vlakker is; er is aanzienlijk minder „opslingering" in de afstemkringen.

Dit nu komt o.a. door de veel grotere demping, veroorzaakt door de ingangsweerstand (basis/emitter), die wij uit figuur 13 becijferd hebben als 2700 ohm.

Hoe groot is de vergelijkbare ingangsweerstand bij de buis? Zoals uit figuur 22 blijkt is alleen het stuurrooster met de bovenzijde van de kring verbonden; doordat een elektronenbuis altijd werkt met een bepaalde negatieve voorspanning om het werkpunt te bepalen, (en er dan geen roosterstroom kan vloeien) zal het duidelijk zijn dat de ingangsimpedantie op oneindig groot mag worden gesteld.

Evenzo wordt de tweede afstemkring door de buis veel minder gedempt dan bij een transistor. Deze „dempingsweerstand" is moeilijker te onderkennen, hij is als het ware onzichtbaar in de schakeling aanwezig.

Wij bedoelen hier de R uitwendig (bij de EF 9) die te berekenen is uit $\frac{\text{delta Va}}{\text{delta Ia}}$.

Wordt bijvoorbeeld de anodespanning van 150 volt verlaagd tot 100 volt dan zal bij een pentodebuis als de EF 9 de anodestroom ongeveer 50 micro-amp. afnemen;

dit betekent dat $Ra = \frac{50}{50 \times 10^{-6}} = 1$ meg ohm.

Ook bij de transistor 2N 1711 kunnen wij deze definitie toepassen.

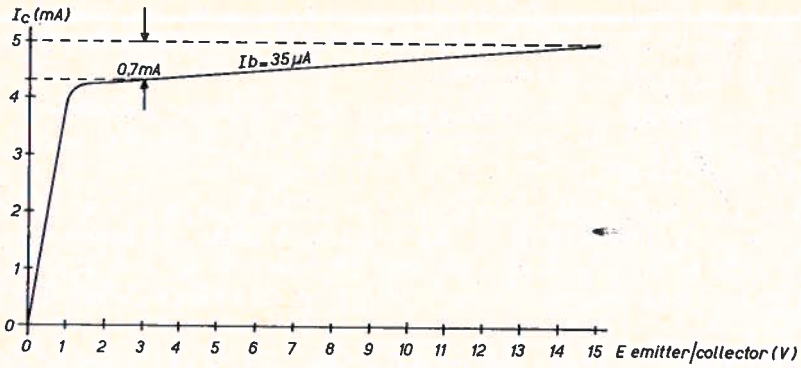


FIG. 25

bij een spanningsdaling van E em/coll. van 15 naar 3 volt daalt de collectorstroom 0,7 mA
hieruit is een R_i te berekenen van $\frac{12}{0,7} = 17$ kΩ.

Zoals uit figuur 25 blijkt, daalt de collectorstroom 0,7 mA, wanneer de em/coll. spanning wordt teruggebracht van 15 tot 3 volt.

Hieruit kunnen wij een R uitwendig berekenen van $\frac{12}{0,7} = 17$ kohm.

Ook deze waarde is aanzienlijk lager dan de Ri van de EF 9 (1 meg ohm).

Het is niet verwonderlijk dat ook de tweede afstemkring in de transistorschakeling sterker gedempt wordt dan in de buisschakeling.

Welke conclusies kunnen wij trekken uit het voorgaande?

De lezer heeft misschien de indruk gekregen dat de transistor, vergeleken met elektronenbuizen, eigenlijk maar een droevig figuur slaat. Dit is beslist niet de bedoeling van dit artikel; de geringe afmetingen en stroomverbruik nodigen sterk uit om de transistor op uitgebreide schaal toe te passen.

Vooral nu de laatste jaren ook de kostprijzen enorm gedaald zijn is er niets op tegen schakelingen te ontwerpen waarbij 2 à 3 transistoren de functie van één elektronenbuis kunnen overnemen.

Door speciale schakelingen (tegenkoppeling, neutrodynisering) kunnen de nadelen als hier besproken, goeddeels worden ondervangen.

Toch heeft het de onderzoekers vanaf de begintijd sterk beziggehouden dat de in- en uitgangsimpedanties van de transistor erg laag zijn.

Een heel fraaie (gedeeltelijke) oplossing van dit probleem werd gevonden in de „veldeffect" transistor, die een zodanig hoge ingangsimpedantie bezit dat hij op dit punt de elektronenbuis evenaart.

Hierop wordt in een volgend artikel nader ingegaan.

(wordt vervolgd)

PULSTECHNIEK

Ing. B. KIEBOOM

(Vervolg van blz. 252).

6. Restoratieschakelingen

Gelijkspannings-restoratieschakelingen ofwel klamperschakelingen worden in elektronische schakelingen in vele vormen toegepast.

Het doel van een restoratieschakeling is een signaal boven of onder een bepaalde potentiaal te houden.

Dit potentiaal wordt wel de datum- of referentiepotentiaal genoemd.

We onderscheiden positieve- en negatieve restoratieschakelingen. Met een positieve restoratieschakeling wordt de voet van het signaal en met een negatieve restoratieschakeling de top van het signaal aan de restoratiepotentiaal vastgelegd. Het maakt in deze gevallen niet uit of het signaal nu positief, negatief of zowel positief als negatief is. Het gehele signaal wordt boven of beneden de datumpotentiaal gehouden.

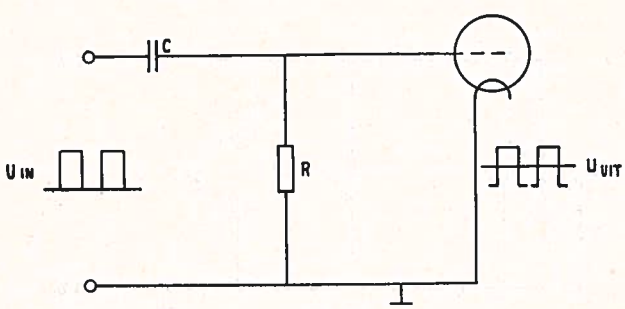


FIG. 1

In figuur 1 is een koppelelement getekend, dat een blokspanning moet doorgeven aan bijvoorbeeld het stuurrooster van een buis.

De ingangsblokspanning Uin varieërt met een amplitude van 100 volt, terwijl de voet van het signaal op nul-niveau (aardpotentiaal) ligt.

Op de berekening ervan gaan we nu niet in, want we weten dat de uitgangsspanning in dit geval zal variëren tussen +50 volt en —50 volt.

Er is dus een negatieve gelijkspanning van 50 volt bij het signaal opgeteld. Deze negatieve spanning komt op het stuurrooster van de buis, terwijl dit voor een goede werking beslist niet mag. Het rooster moet in dit geval bijvoorbeeld steeds nul-potentiaal bezitten.

Het gelijkspanningsniveau moet dus hersteld worden.

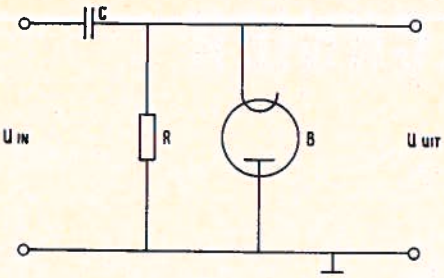


FIG. 2

In figuur 2 is parallel aan de weerstand een diode B geschakeld, die voorkomt dat de condensator een spanning opbouwt, waardoor de uitgang aan de kathode negatief wordt ten opzichte van de uitgang aan de anode.

In principe is de klamperschakeling een RC-schakeling die twee verschillende tijdconstanten bezit, nl. een zeer grote en een zeer kleine.

De verklaring van de werking is zeer eenvoudig wanneer we bedenken, dat de lading van een condensator en dus ook zijn spanning niet ogenblikkelijk kan veranderen, dat de diode in geleidende toestand een weerstand van enkele honderden ohms bezit en dat de weerstand van de diode in niet-geleidende toestand een oneindig hoge weerstand vormt.

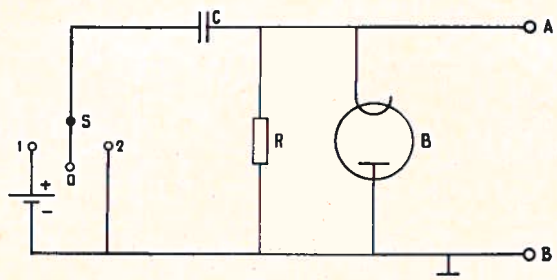


FIG. 3

In figuur 3 laten we de schakelaar S regelmatig van 1 naar 2 en van 2 naar 1 bewegen via punt 0, terwijl de schakelaar in punt 1 en punt 2 elk 10 msec blijft staan.

Aangezien de RC-tijd 100 msec bedraagt zal de condensator slechts tot ongeveer 10% van de aangelegde spanning kunnen opladen.

Op tijdstip t_1 wordt punt S ineens 100 volt positief ten opzichte van aarde (punt B). Deze plotselinge spanningsverandering kan de condensator niet onmiddellijk volgen, zodat deze 100 volt over R moet verschijnen en wel zó, dat A positief is ten opzichte van B (zie figuur 4 en 8).

De impuls blijft van t_1 tot t_2 bestaan en de condensator laadt tot 10 volt op. Daardoor moet A van +100 volt met 10 volt naar +90 volt dalen (zie figuur 5 en 8).

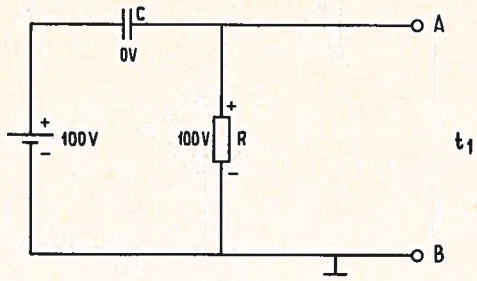


FIG. 4

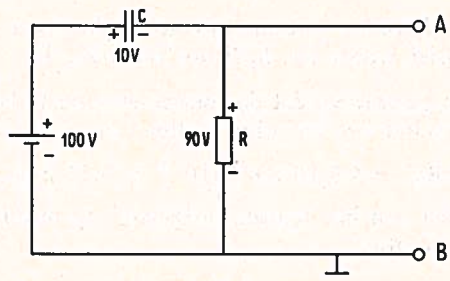


FIG. 5

Aangezien punt A gedurende dit tijdsverloop steeds positief blijft ten opzichte van punt B zal de diode niet kunnen geleiden.

Deze buis is in het vervangingsschema van figuur 4 en figuur 5 dan ook niet getekend.

Op tijdstip t_2 gaat S van 1 naar 2 (figuur 3 en 8).

De condensator zal zich nu willen ontladen over R en maakt daardoor de bovenkant van R negatief ten opzichte van de onderkant van R.

Dit is tevens de voorwaarde waaronder de diode zal geleiden en plotseling bevindt zich parallel aan R de zeer kleine weerstand van de diode in doorlaat.

De vervangingsweerstand van deze parallelschakeling wordt toch in hoofdzaak bepaald door de diode, zodat in figuur 6 en figuur 7 de weerstand R is weggelaten.

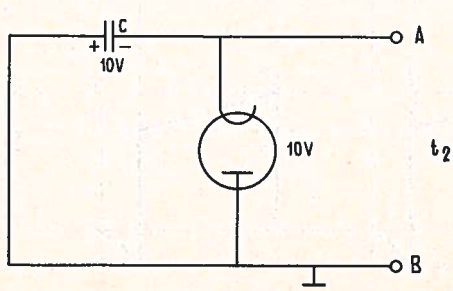


FIG. 6

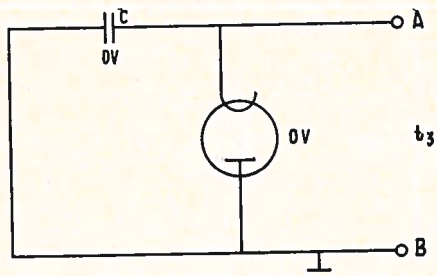


FIG. 7

De spanning van de condensator valt op tijdstip t_2 dus over de weerstand, waarbij punt A 10 volt negatief wordt ten opzichte van punt B.

De RC-tijd is nu zo klein geworden, dat de condensator op tijdstip t_3 reeds ontladen is. Als we de diodeweerstand op 500 ohm stellen dan is de tijd van t_2 tot t_3:

$$5 \times RC = 5.5.10^{2}.10^{-1}.10^{-6} \times 0{,}25 \text{ msec.}$$

In dit geval wordt de voet van het signaal vastgelegd op nulniveau.
Het is dus positieve restoratie.

(wordt vervolgd)

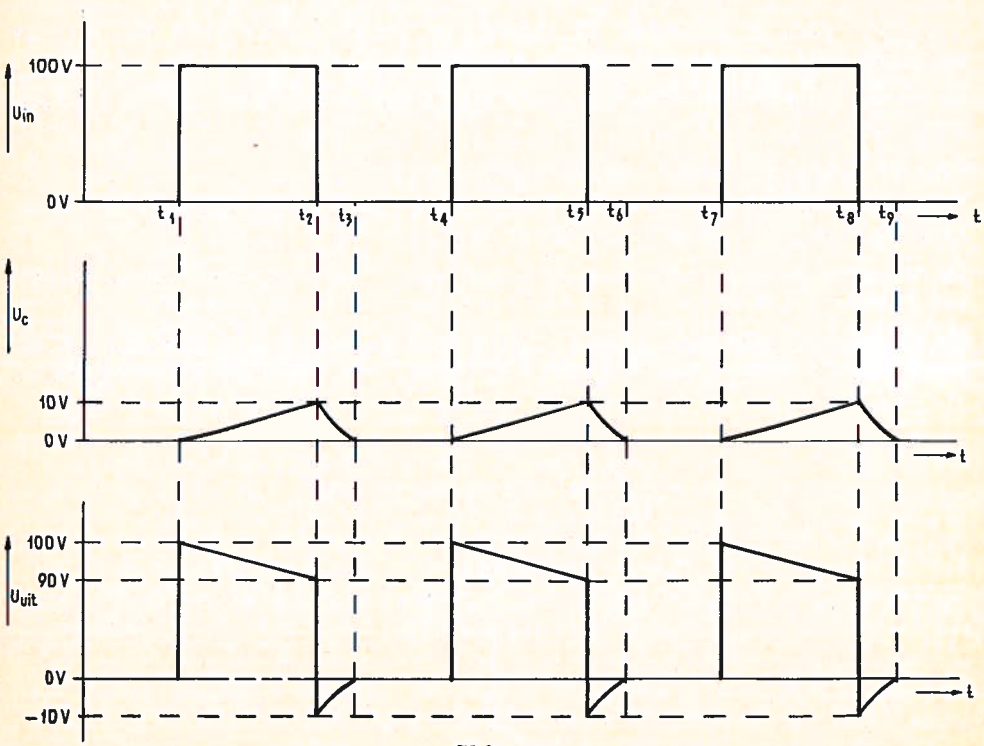
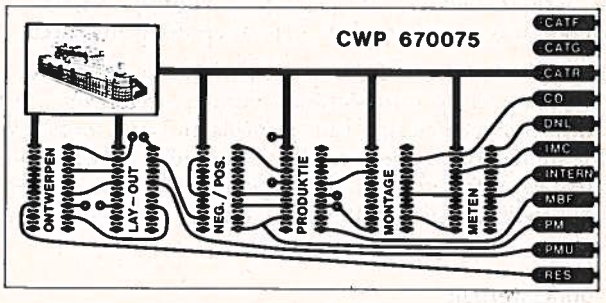


FIG. 8

VAN SCHEMA TOT

door

W. v. Sintanneland



Inleiding

Het zal bekend zijn dat in de loop van de laatste tientalllen jaren een omwenteling plaats vond in de samenstelling van elektrische bedradingen. Op welke wijze deze verandering van de conventionele bedrading naar de gedrukte bedrading van dit moment tot stand kwam is minder bekend.

In een korte samenvatting wordt dit omschreven waarna vervolgens met voorbeelden het ontwerpen en vervaardigen van printplaten wordt toegelicht. Het zal de lezer daarbij niet ontgaan dat geschreven wordt vanuit de praktische ervaringen opgedaan bij de Centrale Werkplaats van de PTT.

De laatste jaren is ook hier een bijdrage geleverd om te komen tot het hoogwaardige produkt van nu. Dat het bedrijfsleven mee profiteert van deze bij het PTT-bedrijf opgedane ervaringen zal niemand verwonderen.

Het artikel zal daardoor gebaseerd zijn op professionele vervaardigings-technieken; evenwel zal een aanwijzing voor de „doe het zelver" niet worden nagelaten.

Eerste ontdekking

De ontdekking van de gedrukte bedrading kunnen we terug vinden in een merkwaardig bericht uit 1904 van Frank Sprague aan Thomas Alva Edison. Hij stelt daarin o.a.: *„op een bruin stuk papier is een lijn te tekenen die zich gedraagt als een redelijk goede geleider".*

Met wat we nu weten was dit een ontdekking die verstrekkende gevolgen zou hebben. Pas in 1920 kwam een praktisch uitgevoerde print gereed en dit bleek nog te vroeg want de stand van de elektronica techniek was er nog niet rijp voor. Toch gingen de onderzoeken — voornamelijk in Engeland — voort. De eerste impuls tot de tot standkoming van praktisch bruikbare prints was de noodzakelijke massafabricage van zenders en ontvangers in de tweede wereldoorlog. In de jaren daarop volgend — na 1946 — is men zich vooral in de Verenigde Staten gaan toeleggen op de ontwikkeling van de gedrukte bedrading.

Daarbij bleek dat niet alleen de vervaardiging van de print zelf aan de orde was maar dat de met elkaar te verbinden componenten niet de juiste afmetingen en

vormen bezaten. Men ging zich dus tevens toeleggen op de ontwikkeling van de meest geëigende vorm van de componenten voor toepassing in een gedrukte schakeling.

Een periode van ca. 10 jaar ging voorbij voordat er een praktische fabricage mogelijk was van compleet gemonteerde printplaten.

Intussen had ook de transistor zijn intrede gedaan en deze kon meteen qua vorm en afmeting als printonderdeel worden opgenomen. Een belangrijke mijlpaal was bereikt. Massafabricage van printplaten was mogelijk gebleken en men kan nu veilig stellen dat praktisch alle industriële ontwikkelingen van de laatste decennia hebben geprofiteerd van de mogelijkheden van de printplaat, zonder welke zelfs vele ontwikkelingen achterwege zouden zijn gebleven.

De onderwerpen

De weg die we moeten gaan om te komen van schema tot print is zeer lang.

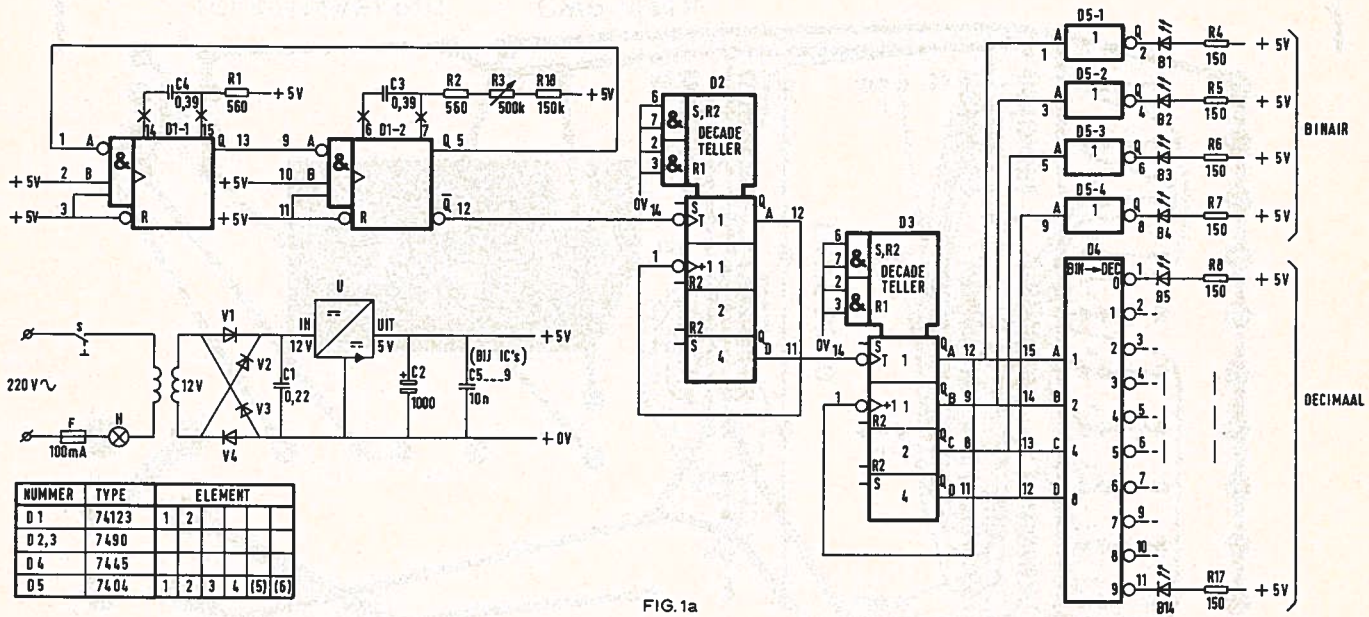
We zullen de onderwerpen welke aan de orde komen één voor één noemen alvorens ze afzonderlijk te behandelen.

1. Ontwerpen
2. Middelen en materialen
3. Lay-out
4. Negatief/Positief
5. Zo werden de eerste CWP printen gemaakt
6. Werkmethoden van nu
7. Norm en eisen
8. Screenen
9. Boren
10. Mechanische afwerking
11. Conserveren
12. Montage
13. Wat kunnen we er nog meer mee doen
14. Slotwoord.

In fig. 1 wordt een voorbeeld gegeven van een opdracht en een uitwerking. Fig. 1A toont n.l. het schema dat van de opdrachtgever wordt ontvangen; Fig. 1B laat zien hoe de daaruit ontworpen dubbelzijdig uitgevoerde print op ware grootte is geworden.

Ontwerpen

Wie bij het ontwerpen van printplaten betrokken raakt, ervaart dit als een boeiende bezigheid. Dit komt waarschijnlijk doordat in de meeste gevallen begonnen moet worden met een potlood en een leeg vel papier, hetgeen de ontwerper in staat stelt tot het ontplooien van zijn creativiteit. Dat op zich kan tot voldoening stemmen. Dat de moeilijkheidsfactor van de schakeling hierbij een belangrijke rol speelt zal duidelijk zijn. Of het ontwerp praktisch uitvoerbaar is, hangt van een aantal factoren af.



NUMMER	TYPE	ELEMENT					
D 1	74123	1	2				
D 2,3	7490						
D 4	7445						
D 5	7404	1	2	3	4	(5)	(6)

FIG. 1a

TELSCHAKELING TKTF 2000

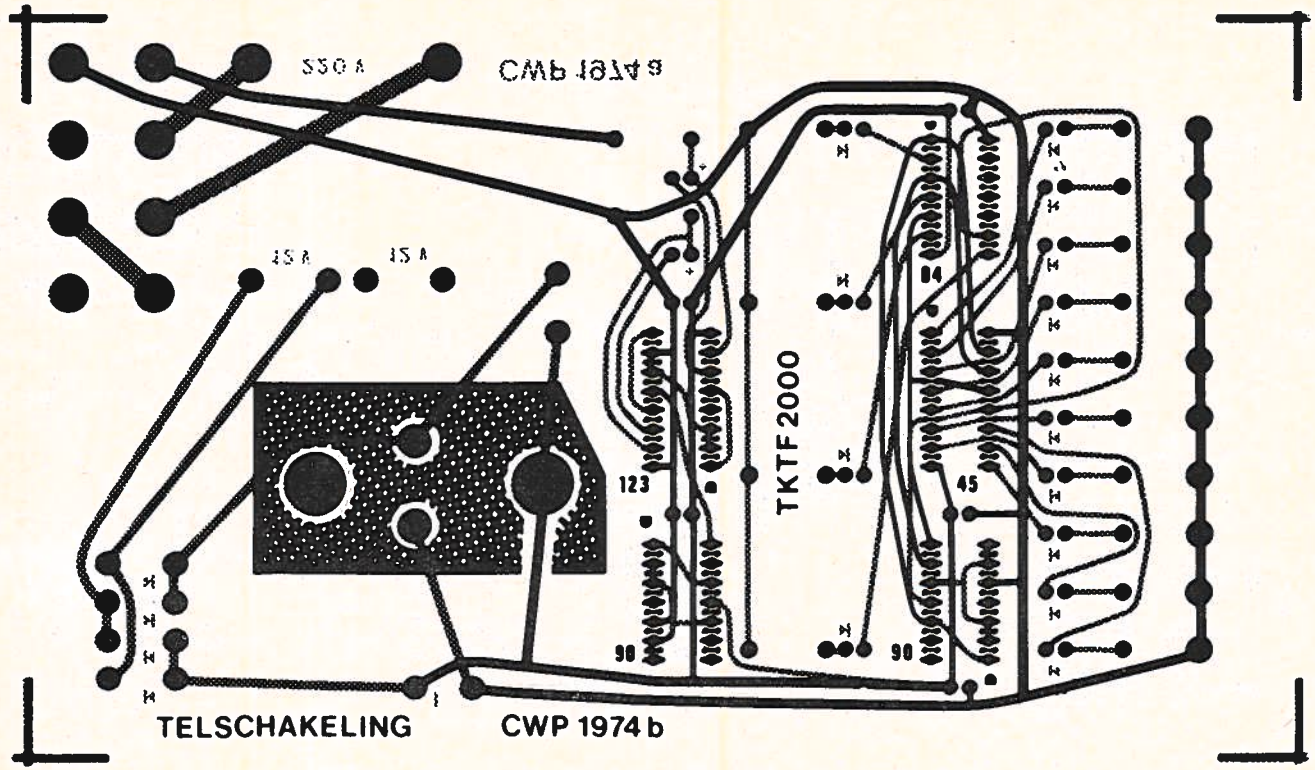


FIG 1b

Er zijn verschillende gegevens nodig zoals:

a. Schema
b. Vorm/afmetingen/opbergsysteem/bevestiging
c. Onderdelen of maatvoering
d. Aansluitingen
e. Elektrische eisen.

Ad. a. Een functioneel principe schema, dat goed is uitgevoerd maakt het ontwerpen eenvoudiger en toont ook met wat voor een schakeling we te maken hebben.

Bovendien verklaart het hoe de verschillende onderdelen daarin een funktie hebben, terwijl schematisch zal zijn weergegeven hoe alle aansluitingen moeten worden uitgevoerd. Dit is het ideale uitgangspunt van elke print-ontwerper.

ad. b. Als we het over de vorm of afmetingen van een printplaat hebben, ligt het voor de hand dat de keuze van het opbergsysteem en/of de bevestiging hierbij een belangrijke rol speelt.

De ruimte welke een printplaat gaat innemen, hangt af van de uiteindelijke bestemming. Dit kan zijn b.v. in een meetapparaat, in een wandkast, een metalen, of kunststof behuizing.

Daarnaast bestaat er een groot assortiment schakelingen dat uitwisselbaar moet zijn en dientengevolge in printrekken worden gestoken.

Ad. c. Bekendheid met de onderdelen is nodig om te kunnen opmeten wat voor ruimte deze zullen innemen zowel bij liggende als bij staande montage.

De benodigde afmetingen zijn veelal wel uit de onderdelendocumentatie te verkrijgen welke door de fabrikanten worden verstrekt.

De meest voorkomende onderdelen zijn: weerstanden, condensatoren, potmeters, elektrolyten, transistoren, thyristors, dioden, spoelen, trafo's, relais, IC's, veiligheden, LED's, connectors, meetbussen en aansluitingen.

Ad. d. Vastgesteld dient te worden hoe de aansluitingen moeten worden uitgevoerd bijv.:

1. direkt met bedrading
2. op soldeerstiften
3. indirekt d.m.v. printhouders.

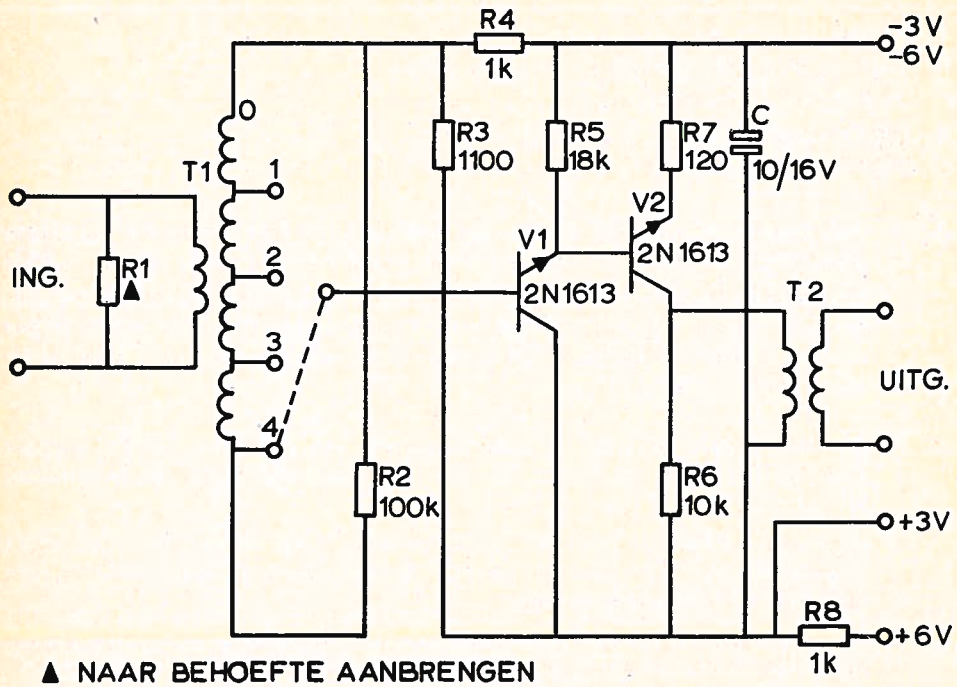
Ad. e. Elektrische eisen spelen een rol, als er sprake is van mogelijke inductieve en capacitieve koppelingen.

Afschermingen en zorgvuldige bepaling van de opstelling van transformators en spoelen spelen dan een voorname rol.

Met de plaatsing van onderdelen die vermogen opnemen en derhalve warm worden moet eveneens rekening worden gehouden.

Al met al zijn dit algemene voorwaarden waar men niet aan voorbij kan gaan.

We zullen nu eens nagaan hoe de plaatsing van onderdelen en de loop van de sporen kan worden bepaald. We gaan daarbij uit van een gegeven principeschema


R4
1k
-3 V
-6 V
R3
1100
R5
18k
R7
120
C
10/16V
V2
2N 1613
V1
2N1613
T1
0
1
2
3
4
ING.
R1
T 2
UITG.
R2
100k
R6
10k
+3V
R8
1k
+6V
▲ NAAR BEHOEFTE AANBRENGEN

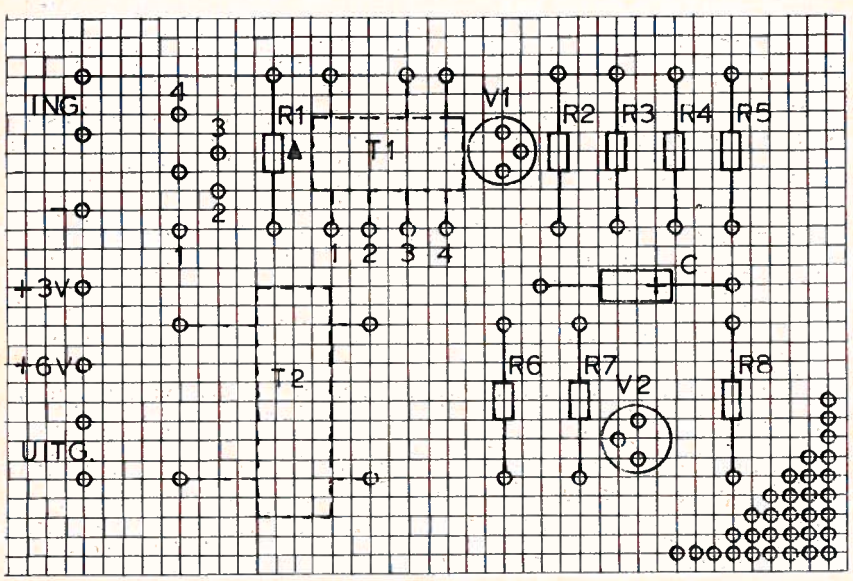

ING.
R1
T1
V1
R2
R3
R4
R5
C
+3V
+6V
T2
R6
R7
V2
R8
UITG.

FIG. 2

waarbij gebruik gemaakt wordt van een hulpmiddel in de vorm van een zogenaamde *Verokaart*. Zie fig. 2.

Op die Verokaart worden alle toe te passen onderdelen afgebakend. Een dergelijke ontwerpkaart heeft o.a. het juiste raster,; het zogenaamde 0,1 inch-raster. In het 0,1" raster bevinden alle gaatjes zich op een onderlinge afstand van 0,1". Hierbij valt op te merken dat deze van het metrieke stelsel afwijkende maatvoering historisch is gegroeid; het is niet te verwachten dat daarin spoedig verandering zal komen.

In verband met de noodzakelijke normalisatie van de afmetingen van componenten, zijn de meeste europese landen „alsmede de V.S." overeengekomen dat in het algemeen de aansluitingen op de snijpunen van 0,1 raster geplaatst kunnen worden. De meeste onderdelen zijn dan ook in deze rastermaat uitgevoerd.

In beginsel wordt bij de plaatsing van de onderdelen op de ontwerpkaart al gestreefd naar het maken van korte verbindingen zodat een compacte uitvoering ontstaat.

Deze voorbereiding heeft tot gevolg dat een duidelijke keuze tussen de A-kant (printzijde), en de B-kant (componentenzijde) kan worden gemaakt.

Bij het omkeren van onze *VEROKAART* zijn alle denkbeeldige, of na het tekenen zichtbare, verbindingen gespiegeld. Voor sommige onderdelen maakt dat niets uit zoals voor o.a. weerstanden, maar voor b.v. halfgeleiders en IC's is dat wel degelijk van belang.

Iemand die voor het eerst met een printontwerp bezig is, heeft daar meestal wel wat moeite mee en dat is niet verwonderlijk.

Het kladontwerp wordt gemakshalve op rasterpapier van 0,1" getekend, zodat al een bruikbare maatvoering ontstaat.

Afhankelijk van de omvang van het eindprodukt (klein of groot), is het mogelijk hier al een schaalvergroting in te voeren. Als er een beperkte ruimte beschikbaar is voor in verhouding veel kleine onderdelen, kan de ontwerper op papier al van b.v. schaal 1 : 2 gebruik maken.

fig. 3 toont hoe het schema van fig. 2 er als definitief printontwerp uit kan gaan zien.

Alle aansluitdraden of stiften van de verschillende onderdelen krijgen de nodige aansluitpunten.

Wanneer deze punten ver genoeg van elkaar staan, is er voldoende ruimte om daartussen sporen te kunnen aanbrengen.

In het gegeven voorbeeld zijn de problemen nog niet zo groot. Bij andere schakelingen is de oplossing dikwijls een kwestie van ervaring en tijd. In dat geval geldt: „Als het in één keer niet lukt, beginnen we zonodig helemaal opnieuw". Uit een goed ingedeeld overzichtelijk ontwerp ontstaan korte verbindingen. De plaatsing van onderdelen dient zoveel mogelijk aan elkaar gelijk te zijn, alleen de lengte- of breedteas van de te maken printplaat komt in aanmerking. Schuingeplaatste onderdelen zijn onaanvaardbaar.

Als blijkt, dat er veel onderdelen op een in verhouding kleine oppervlakte moeten worden geplaatst, is een andere oplossing nodig. De aanwezigheid van veel onderdelen kan betekenen dat er veel aansluitingen en verbindingen moeten worden gemaakt. In dat geval zal er vaak onvoldoende ruimte zijn om alles aan één zijde van een printplaat te realiseren.

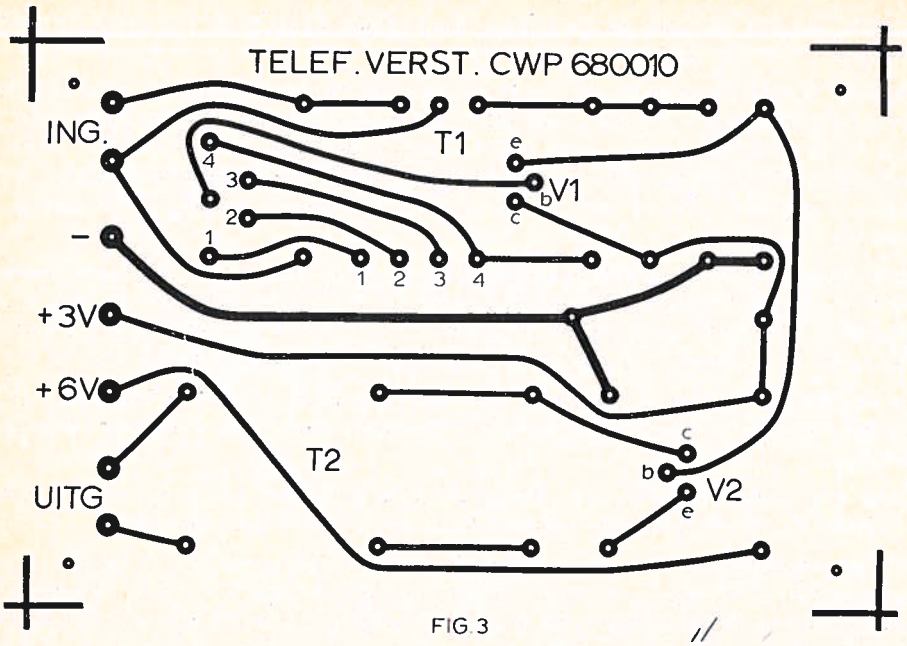


FIG. 3

Andere bezwaren welke later zullen worden toegelicht, spelen hierbij ook een belangrijke rol. Er zou in dat geval niet anders overblijven dan de schakeling op meer dan één plaat te verwezenlijken. Het effect van een compacte uitvoering zou hiermee verdwijnen.

Een betere oplossing is, om in zo'n geval het printontwerp tweezijdig uit te voeren, zodat een tweemaal zo groot oppervlak om verbindingen te plaatsen beschikbaar komt.

Hierbij wordt niet meer ruimte in beslag genomen dan door een enkelzijdige printplaat, terwijl toch ingewikkelder schakelingen mogelijk zijn.

Bij het ontwerpen op papier kan ter onderscheid met getrokken lijnen voor de a-kant en met onderbroken lijnen voor de b-kant worden gewerkt.

In twee kleuren ontwerpen geeft uiteraard hetzelfde resultaat.

Van een ontwerper van printplaten kan worden verwacht, dat hij met de hier opgesomde factoren rekening houdt; een goede ontwerper moet voorts naast zijn normale technische vaardigheid oog hebben voor lijnvoering en vlakverdeling. Geduld, vasthoudendheid en creativiteit zijn daarbij voorname eigenschappen.

Middelen en materialen

Alvorens tot de uitwerking van het *kladontwerp* of tekening over te gaan, en dit een meer reproduceerbare vorm te geven, wordt ter verduidelijking een overzicht gegeven van de benodigde middelen en materialen.

Nodig is een maatvast doorzichtig raster, vervaardigd van krimpvrij materiaal met een zeer kleine uitzettingscoëfficiënt. Zo'n raster moet van een nauwkeurige belijning zijn voorzien op een afstand van 0,1" (horizontaal en vertikaal).

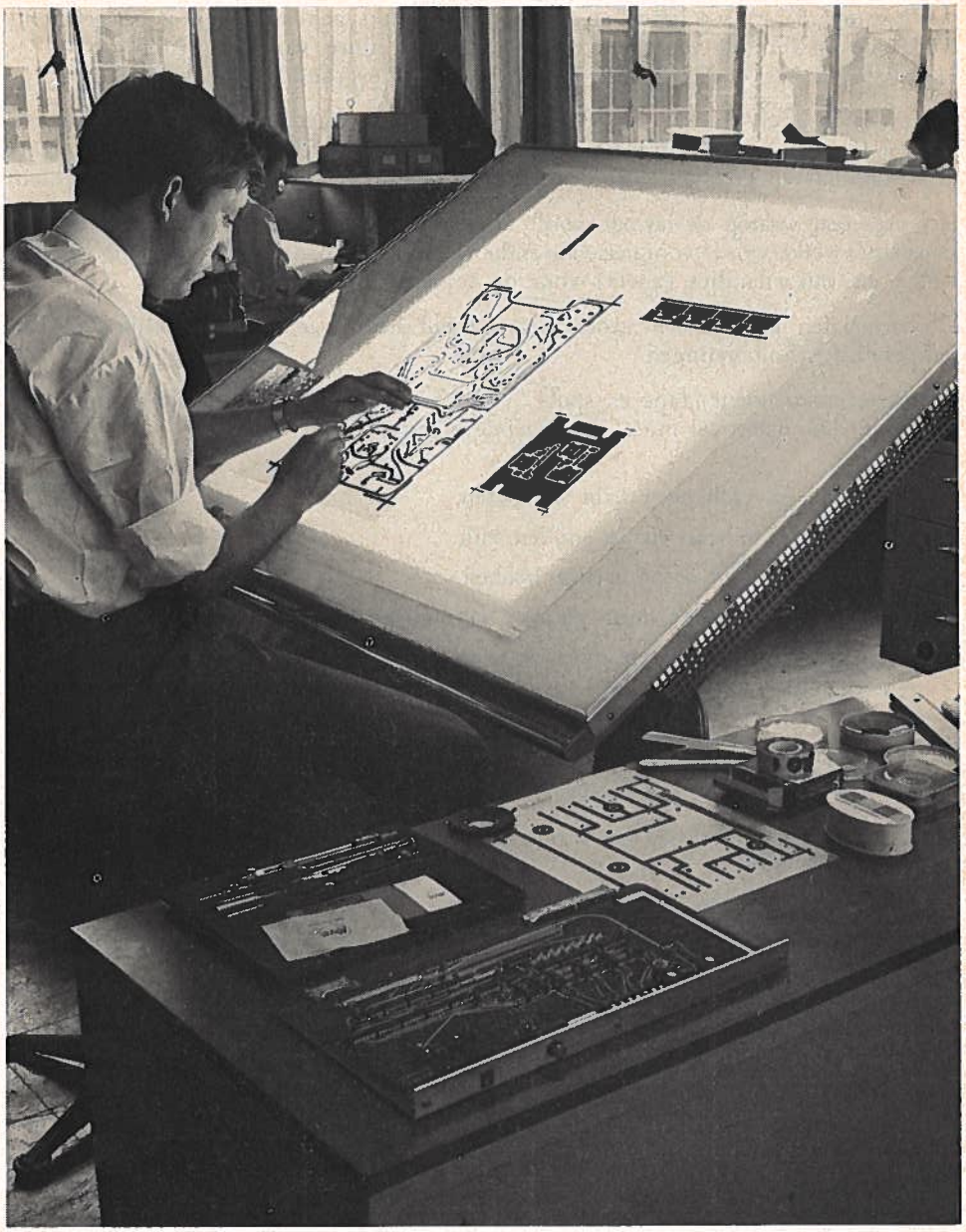


Fig. 4. DOORLICHTTAFEL

Onder de opaalglasplaat bevindt zich TL, zodat een regelmatig verlicht oppervlak ontstaat. De lichtsterkte is regelbaar; de tafel is veelzijdig verstelbaar.

Als b.v. om de 2 of 4 lijnen een dikkere of anders gekleurde lijn is aangebracht, wordt de uitwerking vergemakkelijkt (snellere telling van steekmaten op 0,1"). Het raster is eenvoudig op een stevige witte ondergrond gevestigd.

Een doorlichttafel, (zie fig. 4) met een opaal glasplaat waaronder TL-buizen branden, maken de lijnen en kruisingen van het raster beter zichtbaar. De tafel kan zo worden ingesteld en gedraaid, dat de gebruiker zijn eigen werkhouding kan bepalen.

Het materiaal waarop de lay-out wordt uitgewerkt is een dunne transparante *„Mylar"* kunststof, welke wordt voorzien van ondoorzichtig plakband (tape) voor de geleidebanen en van eilandjes (spots) voor de soldeerpunten.

De materialen moeten een grote maatvastheid hebben en onafhankelijk zijn van temperatuur-schommelingen.

Een groot assortiment „tape en spots" vormen de basis van een betrouwbare printfabricage. Dit materiaal moet de volgende eigenschappen hebben:

1e. Dun zijn en toch geen licht doorlaten.
2e. Plakbaar, plooibaar en te snijden zijn.
3e. Een nauwkeurige maatvoering hebben.
4e. Lange verbruiksduur door geringe veroudering.
5e. Correctie van plakplaten moet zelfs na jaren mogelijk zijn zonder gevolgen voor de *Mylar* onderlegger.

Enkele voorbeelden van „tape en spots" zijn in fig. 5 op ware grootte weergegeven. Er is een ruime keuze voor wat betreft afmetingen en mogelijkheden.

Voor een aantal componenten o.a. IC's, relais, transistors en connectors zijn speciale transfers ontwikkeld.

Met verwerking op schaal is rekening gehouden. Als een printplaat meer informatie moet geven voor bijv. montage of meten, dan kan dat door teksten en symbolen op de plaat mee te printen.

Herkenbaarheid is hierbij het belangrijkste argument.

De lay-out (plakplaat)

Na het ontwerpen is een volgende stap nodig om tot een praktisch bruikbare printplaat te komen.

Voor hen die zelf een eenvoudige poging willen wagen is b.v. nagellak bruikbaar als etsbestendigde afdekking.

Indien men de beschikking heeft over een plaatje waarop prints worden vervaardigd bijv. epoxyhars met dunne koperlaag dan kan men met de nagellak direct de gewenste verbindingen „afdekken".

Dit geeft een resultaat waarbij de strakheid en nauwkeurigheid sterk afhangen van de handvaardigheid van de uitvoerder.

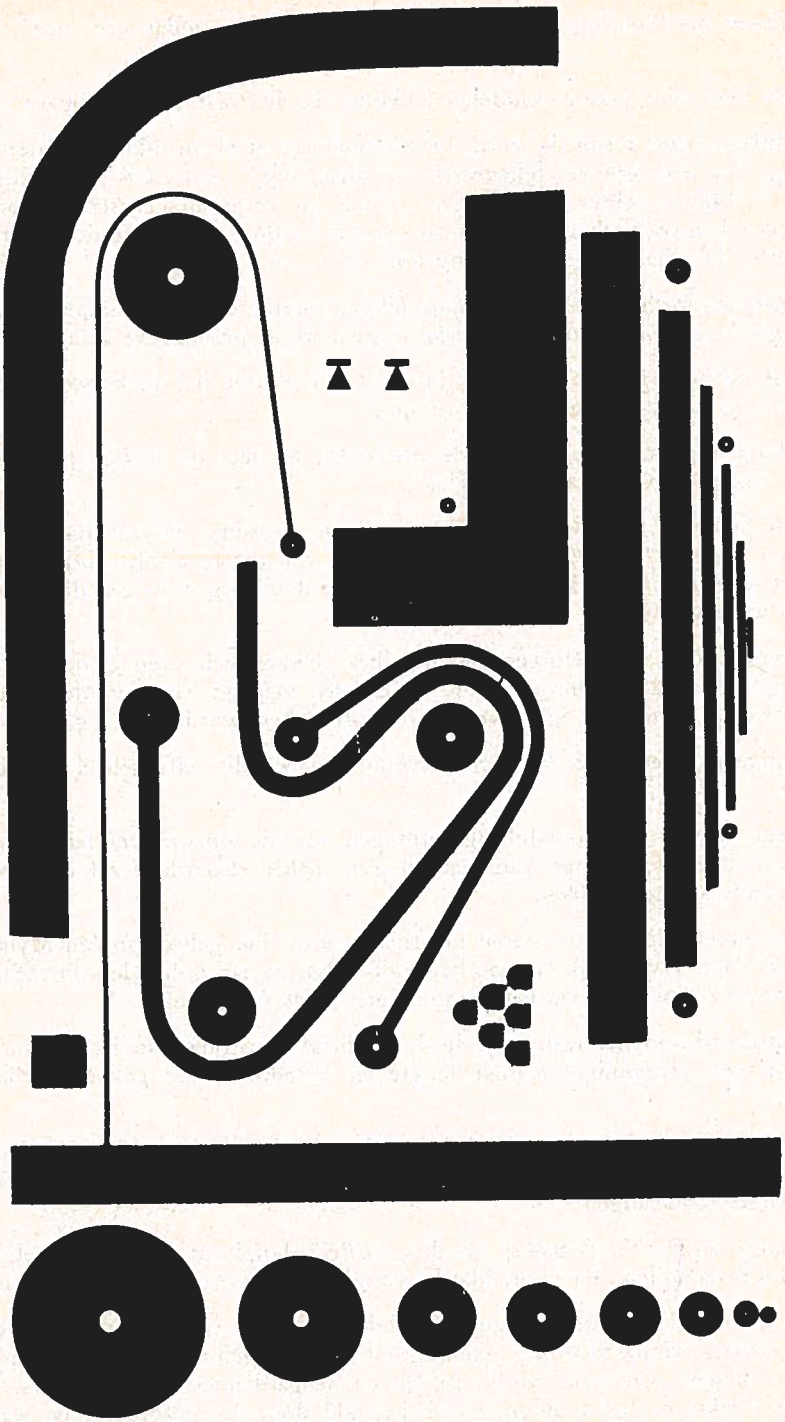


FIG. 5

Een zuivere maatvoering is daarbij niet te realiseren, zodat een grof „printje" ontstaat.

Als men niet over betere middelen beschikt, is dit toch een bruikbare methode.

Een zichtbaar beter resultaat wordt bereikt met een strak in inkt uitgevoerde printtekening. Hiermee kan het tekenwerk op schaal bijv. 2 : 1 of 4 : 1 worden voorbereid. Er blijven echter beperkingen, omdat bij vergissing correcties nodig zijn, welke het tekenwerk schaden. Bovendien speelt bij deze werkwijze de moeilijkheidsfactor van de schakeling een belangrijke rol.

Het is met deze methode desondanks mogelijk om meerdere gelijke printplaten te maken: *(fotografisch vermenigvuldigen)*. Hiermede gaan we de produktieve kant uit.

Vanaf de eerste print (in 1967) is bij de CWP echter het plaksysteem toegepast en tot nu toe als uiterst betrouwbaar ervaren.

Met behulp van de eerder genoemde materialen en met de nodige precisie, wordt van elk onderwerp een lay-out geplakt.

Een in de toekomst bij CWP mogelijke wijze van „lay-outs" vervaardigen voor printplaten is het zgn. *PLOTTEN*. Het ontwerp dient volledig te worden uitgewerkt. Daarna kan de *PLOTTER* worden geprogrammeerd en deze zorgt voor een direkt bruikbare film op ware grootte.

Bij gecompliceerde schakelingen zijn met het plakken vele uren gemoeid. Door de aanwezige ervaring en kennis van de onderdelen mag het voorbereidende klad c.q. tekenontwerp incompleet zijn alvorens tot uitplakken wordt overgegaan.

In sommige gevallen, bijv. bij *Universeel printen,* zal dit zelfs geheel worden overgeslagen.

Dit hangt af van het voorstellingsvermogen van de ontwerper/plakker om zich vooraf een beeld te vormen van wat hij gaat maken. Daardoor zal de uitwerking sneller plaats kunnen vinden.

Voor een enkelzijdig uit te voeren printplaat wordt het geheel op één Mylardrager uitgeplakt. Het is wenselijk om een bepaalde volgorde aan te houden. De afbakening van de oppervlakte werd via het kladontwerp reeds vastgesteld.

Gebruikmakend van het raster op de doorlichttafel en tape van b.v. 2 mm breed, wordt op een eenvoudige manier lengte en breedte in de gekozen schaal aangegeven.

Belangrijk is dat de gekozen schaal daarna bepalend blijft voor de afmetingen van de toe te passen onderdelen, de tapes en spots, de spoorbreedte alsmede de aanduidingen en coderingen.

Met behulp van het kladontwerp en de *„VERO"* hulpkaart worden vervolgens alle spots (soldeereilanden) en mogelijke bevestigingsgaten op de juiste plaats uitgezet.

Afhankelijk van de draaddikte van onderdelen is er een ruime keuze, waarmee met alle van belang zijnde factoren rekening zal worden gehouden; o.a. de onderlinge afstanden tussen spots en/of verbindingen en de gatdiameters in de spots. De mechanische sterkte na het solderen wordt bepaald door de spotgrootte en wat er na het boren van overblijft. De praktische uitvoerbaarheid (bezettingsgraad) van een printplaat, speelt eveneens een rol.

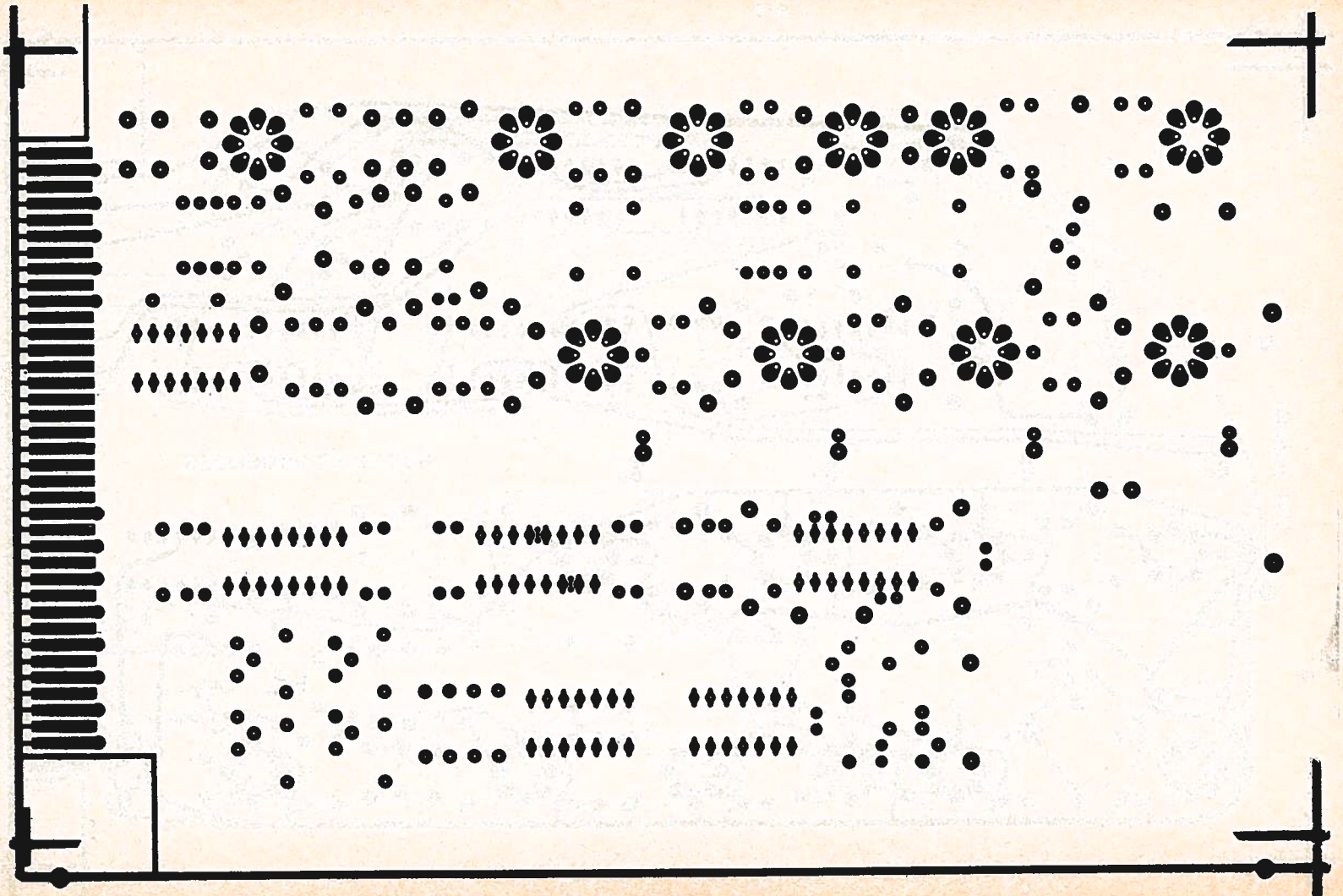


FIG 6

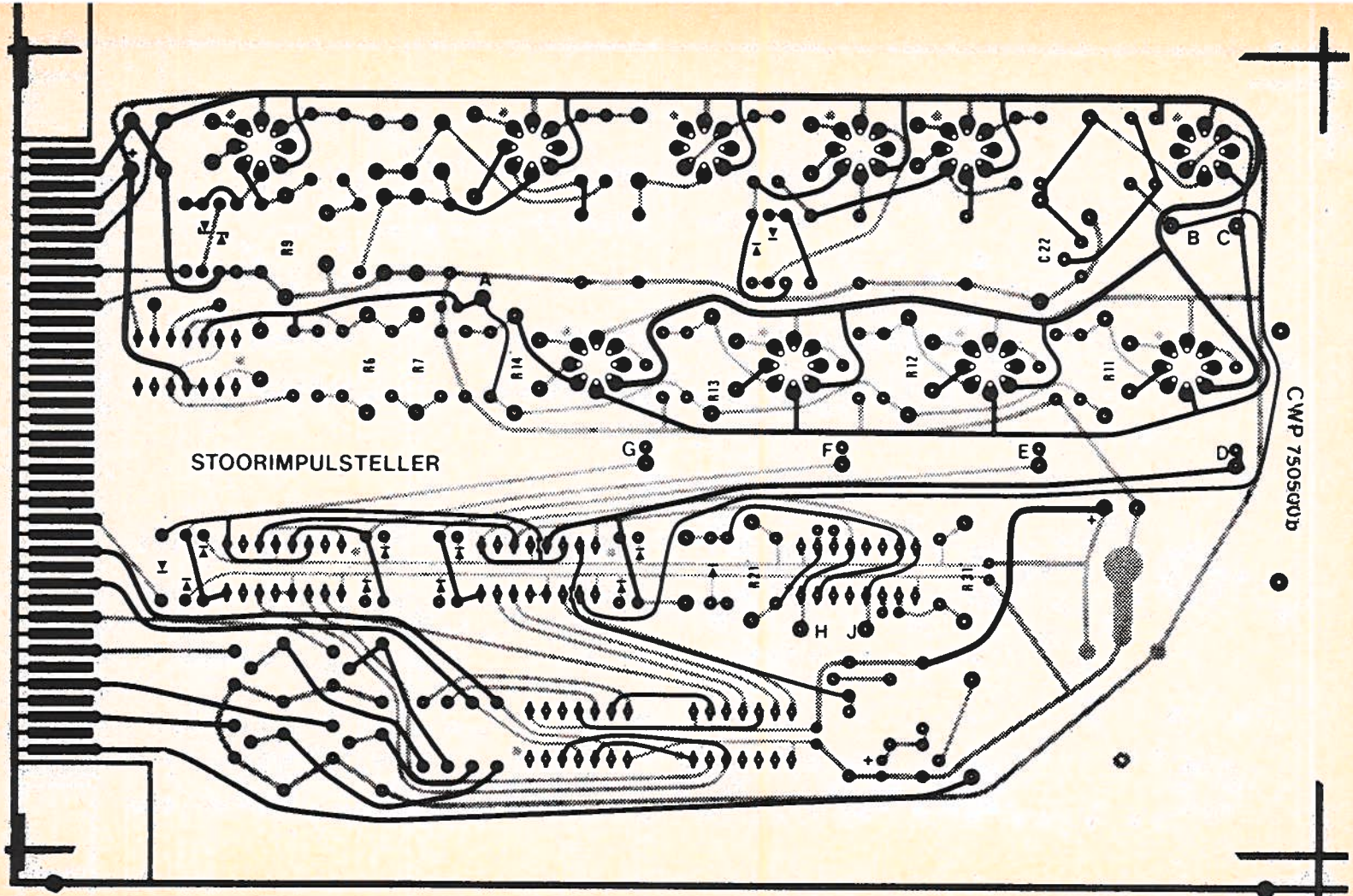

STOORIMPULSTELLER
G
F
E
D
H
J
B
C
R9
R6
R7
R14
R13
R12
R11
C22
CWP 7505903b

FIG. 7

We gaan er vanuit dat voor de meeste onderdelen eenzelfde spotgrootte wordt gekozen.

Voor bijv. een transformator zullen echter i.v.m. gewichtontlasting grotere spots toegepast moeten worden.

Er moet soms worden afgeweken van de rastermaat van 0,1" of een veelvoud daarvan omdat ook metrische afmetingen bij onderdelen voorkomen.

Na het uitzetten van alle spots, worden de verbindingen (sporen) geplakt, waarbij begonnen wordt met de rechte banen.

De plakplaat wordt gecodeerd met plakletters en cijfers, terwijl tevens een benaming wordt aangebracht. De print zal bij reproduceren dus onuitwisbare kenmerken bezitten.

In het hoofdstuk ontwerpen werd reeds gesteld dat, op een kleine oppervlakte, meer onderdelen kunnen worden geplaatst als printplaten dubbelzijdig worden uitgevoerd. Het ontwerp dient dan eveneens tweezijdig te zijn. De afmetingen en alle spots worden op één drager in een gekozen schaal uitgezet. Zie fig. 6.

De aparte dragers worden vervolgens de a en b kant van de te maken dubbelzijdige printplaat afzonderlijk uitgeplakt.

Bij het maken van de films voor a en b-kant wordt dezelfde spotplaat gebruikt. Voor print en componentenzijde bereikten we hiermede eenzelfde gat-positie.

Wanneer ook nu een codenummer, naam en aanduidingen het plakwerk compleet maken, zal het eindresultaat samengevoegd weergegeven duidelijk zijn. Zie figuur 7.

Aangebrachte *MARKERS* dienen om het opnamewerk in de DOKA te vergemakkelijken n.l. het uitlijnen van de spotplaat op achtereenvolgens de a en b-kant.

Dit in enkele regels neergeschreven gedeelte is, samen met het hieraan voorafgaande ontwerpen, de belangrijkste fase om van schema tot printplaat te komen.

De Lay-out vormt elke keer opnieuw de basis van het eindprodukt.

Er mogen uiteraard geen fouten en onnauwkeurigheden in voorkomen.

Elke tekortkoming maakt de kostprijs hoger.

Om dit tot een minimum te beperken zal ieder ontwerp/lay-out nauwgezet door een ervaren tweede man gecontroleerd dienen te worden.

Deze controle is nodig omdat praktisch altijd vermenigvuldiging plaatsvindt door middel van films of rechtstreekse printproduktie. Op deze wijze zijn reeds honderden lay-outs van verschillende aard vervaardigd. Elke lay-out is in het opbergsysteem door de toegepaste codering terug te vinden.

Een kleine schemawijziging kan echter alles, tot en met de films, onbruikbaar maken. Een voordeel is dat een goed bewaarde plakplaat zelfs na jaren nog is aan te passen; hierbij valt te bedenken dat het werk in de DOKA minder kostbaar is dan het vervaardigen van geheel nieuwe plakplaten.

(wordt vervolgd)

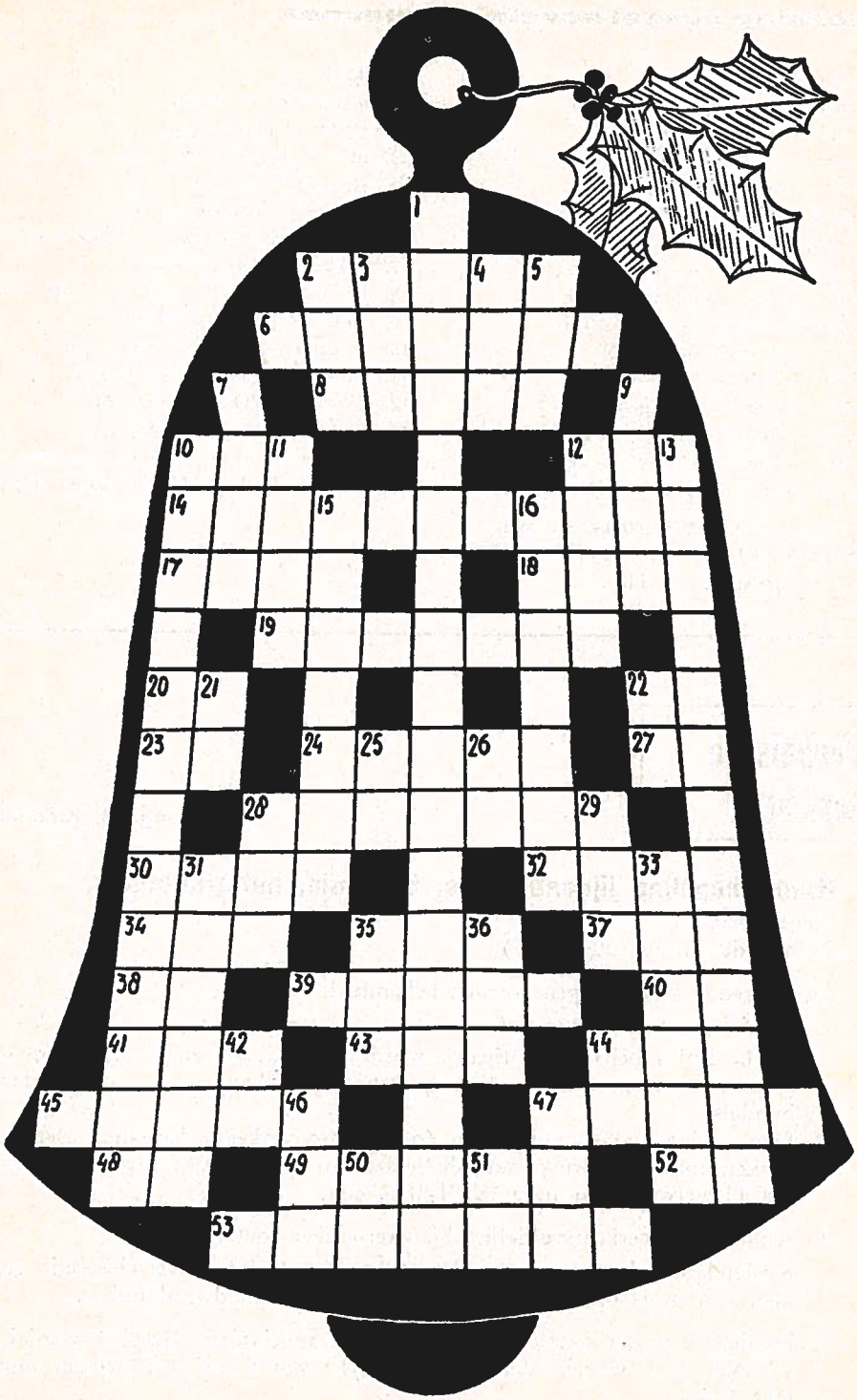
KERST PUZZEL

Horizontaal

2. gesponnen draad
6. te paard
8. metalen vaatwerk
10. ontkenning
12. plantje
14. moeilijk te begrijpen
17. iemand die aan de maaltijd is
18. toespraak
19. van een bepaalde stof
20. pers. voorn. woord
22. jongensnaam
23. jongstleden
24. wat arbeid doet
27. muzieknoot
28. doet men een paard voor het bereden wordt
30. het zij zo
32. Indisch gerecht
34. soort
35. wandversiering
37. telegram - telefooncentrum (PTT-afk.)
38. de oudere
39. vandaag
40. rondhout
41. aanw. voorn. woord
43. persoon
44. aanw. voorn. woord
45. aansporen
47. welgesteld
48. pers. voorn. woord
49. strijdperk
52. lidwoord
53. stad in Spanje

Vertikaal

1. Wat de redactie van het PTT-Studieblad u van harte toewenst
2. mal
3. vlaktemaat
4. plaats in Gelderland
5. meisjesnaam
7. stad in België
9. terrein
10. eerste dag van het jaar
11. zoogdier
12. ergens naar toe
13. vereenzelviging
15. ambt, dat meestal veel kost en weinig opbrengt
16. het dunnen van jonge druiventrossen
21. oude lengtemaat
22. dier
25. de dato
26. laatstleden
28. getal
29. vochtig
31. zeemacht
33. kustwacht
35. rivier in Utrecht
36. vreemd muntstuk
42. rivier in Friesland
44. muzieknoot
46. zot
47. kuip
50. dwarshout
51. voorzetsel


1
2 3 4 5
6
7 8 9
10 11 12 13
14 15 16
17 18
19
20 21 22
23 24 25 26 27
28 29
30 31 32 33
34 35 36 37
38 39 40
41 42 43 44
45 46 47
48 49 50 51 52
53

Oplossing puzzel novembernummer

Horizontaal
1. mensaap — TT — mekken
2. elk — tsaar — Ierland
3. erg — post — kant — oor — ik
4. rel — oer — knersen — ga
5. gram — niesbui — ka — ma
6. oogkas — niemendal
7. ongelijk — stro — omen
8. IT — els — katoen — baal
9. ebgetij — Son — es — rage
10. nar — lostrekken — LS
11. beo — tele — vis — ieder
12. Rina — nasi — terug — la
13. ei — DRS — nadag — Rw — aap
14. DN — mild — kent — eegde
15. agio — adi — ode — NN — eer.

Vertikaal
1. neergooien — Breda
2. elger — ontboeiïng
3. uk — plaggegrond — mi
4. stoomketel — TA — rio
5. Assen — alstoen — sla
6. aal — ris — ijk — IJsland — D
7. pakken — kaste — saki
8. tra — NS — is — tor — vide — o
9. Tine — beton — eiland
10. metrum — reeks — eg — te
11. Eros — IE — ons — kirren
12. kloek — NO — breeuwen
13. karn — AD — maandgage
14. enigma — eagle — lade
15. ND — kaal — NL — es — raper.

De woorden binnen het vetomrande zijn:
Horinzontaal: PTT — postkantoor — gelijkstroom — televisie — diode
Vertikaal: Transistor — video.

Technische berichten

ing. B. Kieboom

1 Groottebepaling lijnenbundels, telefonie, netstructuur

Henneberg. P
Fernmelde - Ing. 29 (1975)

De volgende onderwerpen worden behandeld:

1. bundels met grondverkeer.
   De in deel 1 behandelde theorie wordt gebruikt om enige algemene uitspraken te doen over de belangrijkste eigenschappen van deze lijnenbundels.
   Door enige vereenvoudigingen (o.a. Poissonverkeer) kan men zich beperken tot het gebruik van tabellenboeken (de literatuuropgaven bevatten 11 verwijzingen naar tabellenboeken).
2. economische verkeersverdeling bij alternatieve routering.
   Kostendaling door een betere benutting van de lijnen, verschillende vormen van overloop, dwarsverkeer, berekening van dwarsbundels.
3. bundels, waaraan overloopverkeer wordt aangeboden. (Deel 1 werd beschreven in Overzicht Techniek nr. 18/19 van 6 mei 1975 onder nummer 104c).

KLAPPER 30e jaargang

A

Aardlekstroom van 30 mA hebben Kema keur gekregen.
Twee Siemens aardlekschakelaars met nominale — 319
Aardschakelaars met nominale aardlekstroom van 30 A
hebben Kema keur verkregen .Twee Siemens — 319
Aanbod. Vraag en — 180
Afstand. Beheer op — 4
AKE 13. De programma-bestuurde verkeerscentrale — . . . 258, 290, 331
Automobilisten. Handige snelheidswaarschuwer voor — 287
Autoradio. Storingvrije ontvangst met de — 273

B

Begin van. Het — 2
Begin van radarketen langs de Westerschelde 186
Berichten. Technische 27, 63,93,125, 152, 181, 255, 288, 316, 380
Bijeenkomst redactie met enkele genodigde collega's uit verschillende diensten
op donderdag 28 november 1974 te Utrecht. Verslag — 34

C

Centrale. Testen in een PRX 322
Circuit. Integrated — 120
Communicatieweg via satellieten 68
Complexegetallen. Rekenen met — 246, 268
Componenten bij Siemens. Elektro-mechanische — 217
Computertechniek. Technische uitdrukkingen in de — 208
Computer. Weerberichten-distributie in V.S. nu via de — 52
Computest IC-testautomaten. Programma testapparatuur bij Siemens
omvat onder andere 159

D

Datatransmissie 35
Datatransmissie via telefoonlijnen 226
De autoradio. Storingvrije ontvangst met de — 273
De computertechniek. Technische uitdrukkingen in de — 208
De computer. Weerberichten-distributie in de V.S. nu via — 32
Diensten op donderdag 28 november 1974 te Utrecht. Verslag bijeenkomst re-
dactie met enkele genodigde collega's uit verschillende — 34
De lezerspagina. Nogmaals — 303, 350
De metro Rotterdam. Mobilofoon in — 310
De programma-bestuurde verkeerscentrale AKE 13 . . . . 258, 290, 331
De redactie. Van — 2, 66, 96
De uitvinder. Wie was — 130
De Westerschelde. Begin van radarketen langs — 186

E E

Een spoorbrug kan op afstand worden geopend en gesloten 285
Educatieve voorzieningen kunnen worden verwacht? Welke — 116
Eigenschappn van
germanium-, silicium, en veldeffecttransistoren — . . . 140, 194, 265, 354
Examens. Toelatingsvoorwaarde V.E.V. — 118
Examens primair leerlingwezen. Uitbreiding — 118
Enquete. Uitslag — 10

F

Factor in de warmtebalans. Verlichting als — 11

G

Gecentraliseerd te Parijs. Modem productie — 219
Gehandicapten. Telefoonaanpassingen ten behoeve van lichamelijk — 105, 134, 169
Germanium-, silicium-, en veldeffecttraisistoren.
Eigenschappen van — 140, 194, 265, 354
Getallen. Rekenen met complexe — 268

H

Halfgeleiders. Nieuwe vermogens — 157
Handige snelheidswaarschuwer voor automobilisten 287
Het begin van 2
Hoger technisch onderwijs. Siemens brengt Thyristorapplicatiesysteem voor vermogenselektronica voor het middelbaar en — 30

I

IC-testautomaten. Programma testapparatuur bij Siemens omvat onder andere computest — 159
Industriële intercoms en twee tafelversterkers bij Siemens Introductie voor — 191
Integrated circuit 120
Intercoms en twee tafelversterkes bij Siemens. Introductie voor industriële — 191
Introductie voor industriële intercoms en twee tafelversterkers bij Siemens — 191

K

Kemakeur verkregen. Twee Siemens aardschakelaars met nominale aardlekstroom van 30 mA hebben — 319
Kuststations. Nieuwe MF-telegraafzender voor — 219

L

Leerlingwezen. Uitbreiding examens primair — 118
LED (Light emitting diode) 212
Lezerspagina 181, 284
Lezerspagina. Nogmaals de — 302, 350
Lichamelijk gehandicapten. Telefoonaanpassingen ten behoeve van — 105, 134, 169
Logaritmen 98

M

Maattikker 304
Metro Rotterdam. Mobilofoon in de — 310
MF telegraafzender voor kuststations. Nieuwe — 219
Mobilofoon in de metro Rotterdam 310
Mobilofoonsystemen. Nieuwe — 253
Modem productie gecentraliseerd te Parijs 219

N

Nieuwe communicatieweg via satellieten. De — 68
Nieuwe mobilofoonsystemen 253
Nieuwe vermogens halfgeleiders 157
Nieuwe MF telegraafzender voor kuststations 219
Nogmaals de lezerspagina 303, 350

Nominale aardlekstroom van 30 mA hebben Kema keur verkregen. Twee Siemens aardlekschakelaars met — 319

O

Oefenvragen TCM 119
Ontvangst met de autoradio. Storingvrije — 273
Opleidingen. Vernieuwde structuur V.E.V. — 242, 306

P

Parijs. Modem productie gecentraliseerd te — 219
Persberichten 56
Primair leerlingenwezen. Uitbreiding examens — 118
Print. Van schema tot — 363
Programmabestuurde verkeerscentrale AKE 13. De — . . . 258, 290, 331
Productie gecentraliseerd te Parijs. Modem — 219
Programma testapparatuur bij Siemens omvat onder andere Computest IC-testautomaten 159
PRX. Demonstratiemodel semi-elektronisch telefoonsysteem — 88
PRX centrale. Testen in een — 322
Pulstechniek 23, 45, 79, 147, 162, 201, 249, 359

R

Radarketen langs de Westerschelde. Begin van — 186
Redactie. Van de — 66
Rekenen met complexen getallen 162, 246, 268
Rotterdam. Mobilofoon in de metro Rotterdam — 310

S

Satellieten. De nieuwe communicatieweg via — 68
Schema tot print. Van — 363
Semi-elektronisch telefoonsysteem PRX. Demonstratiemodel 88
Schoolverlaters in 1975. Te verwachten aantal — 243
Siemens aardlekschakelaars met nominale aardlekstroom van 30 mA hebben Kema keur verkregen. Twee — 319
Siemens brengt Thyristorapplicatiesysteem voor vermogenselektronica voor het middelbaar en hoger technisch onderwijs 30
Siemens. Elektro-mechanische componenten bij — 217
Siemens. Introductie voor industriële intercoms en tweetafelversterkers bij — 191
Siemens omvat onder andere Computest IC-testautomaten. Programma testapparatuur bij — 159
Silicium- en veldeffecttransistoren. Eigenschappen van germanium — 140, 194, 265, 354
Snelheidswaarschuwer voor automobilisten. Handige — 287
Spoorbrug kan op afstand worden geopend en gesloten. Een — 285
Storingvrije ontvangst met de autoradio 273
Structuur V.E.V.-opleidingen. Vernieuwde — 242, 306

T

Tanggram 151
Technische berichten 63, 125, 181, 221, 255, 288, 361, 351, 380
Technische uitdrukkingen in de computertechniek 208

TCM-oefenvragen 119
Telefoonaanpassingen ten behoeve van gehandicapten . . . 105, 134, 169
Telefoonlijnen. Datatransmissie via — 226
Telefoonsysteem PRX. Demonstratiemodel semi-elektronisch — 88
Telegrafiezender voor kuststations. Nieuwe MF — 219
Televisiekamerasysteem bewaakt zwembadgarderobe 315
Testapparatuur bij Siemens omvat onder andere computest
Testen in een PRX centrale 322
IC-testautomaten. Programma — 159
Te verwachten aantal schoolverlaters in 1975 243
Thyristorapplicatiesysteem voor vermogenselektronica voor het middelbaar
en hoger technisch onderwijs 30
Toelatings voorwaarde V.E.V.-examens 118
Transistoren. Eigenschappen van germanium-, silicium-,
en veldeffect — 140, 152, 194, 265
Twee Siemens aardschakelaars met nominale aardlekstroom van 30 mA
hebben Kema keur verkregen 319

U

Uitbreiding examens primair leerlingwezen 118
Uitslag enquête 10

V

Van de redactie 66, 96
Van de V.E.V. . . . . , 351
Van schema tot print 363
Veldeffect-transistoren. Egienschappen van germanium-,
sicilium- en — 140, 194, 265, 354
Verkeerscentrale AKE 13. De programma-bestuurde — . . . 258, 290, 331
Verlichting als factor in de warmtebalans 11
Vermogens elektronica voor middelbaar hoger technisch onderwijs.
Siemens brengt thyristorapplicatiesysteem voor — 30
Vermogens halfgeleiders. Nieuwe — 157
Vernieuwde structuur V.E.V.-opleidingen 242, 306
Verslag bijeenkomst redactie, met enkele genodigde collega's uit verschillende
districten op donderdag 28 november 1974 te Utrecht 34
V.E.V.-examens. Toelatings voorwaarde — 118
V.E.V. Van de — 351
Voorzieningen kunnen worden verwacht? Welke educatieve — 116
Vraag en aanbod 180

W

Warmtebalans. Verlichting als factor in de — 11
Weerberichtendistributie in V.S. nu via de computer 52
Welke educatieve voorzieningen kunnen worden verwacht? 116
Westerschelde. Begin van radarketen langs de — 186
Wie was de uitvinder? 130
Wie weet? 245

Z

Zwembadgarderobe. Televisiekamerasysteem bewaakt — 315